

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-232861

(43)Date of publication of application : 22.08.2003

(51)Int.Cl.

G01T 1/20  
H01L 27/14  
H01L 31/02  
H04N 5/32

(21)Application number : 2002-031283

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 07.02.2002

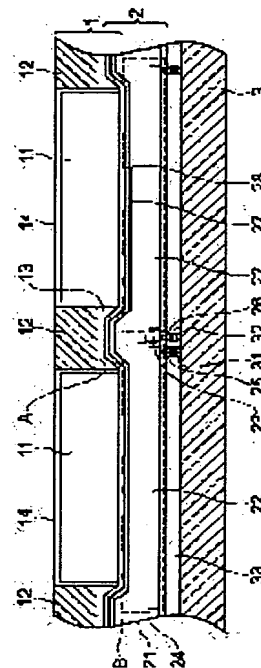
(72)Inventor : FUJII YOSHIMAROU  
OKAMOTO KOJI  
SAKAMOTO AKIRA

## (54) RADIATION DETECTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a radiation detector wherein its open area ratio is large, optical cross talk is suppressed, and alignment is easy in assembly.

**SOLUTION:** A scintillator panel 1 is made up by integrally fixing a plurality of scintillators 11 disposed two-dimensionally and scintillator fixing members 12 comprising X-ray shielding members. The fixing members 12 are recessed in relation to light-outgoing surfaces of the panel 1 to form recessed parts A. A photodiode array 2 has a backside incident type structure, and protrusive parts B fitting into the recessed parts A are formed on light-incoming surfaces thereof. The panel 1 and the array 2 are joined with each other by using an optical adhesive agent so that the recessed parts A and the protrusive parts B can fit with each other.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-232861

(P2003-232861A)

(43)公開日 平成15年8月22日(2003.8.22)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 T 1/20		G 0 1 T 1/20	G 2 G 0 8 8
H 0 1 L 27/14		H 0 4 N 5/32	E 4 M 1 1 8
31/02		H 0 1 L 31/02	5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/32		27/14	A 5 F 0 8 8
			K
		審査請求 未請求 請求項の数 8	OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2002-31283(P2002-31283)

(22)出願日 平成14年2月7日(2002.2.7)

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 藤井 義磨郎

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 岡本 浩二

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

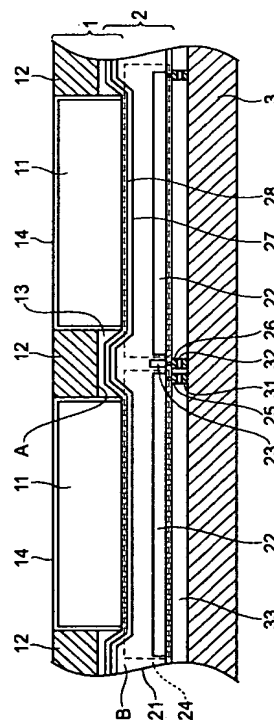
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射線検出器

(57)【要約】

【課題】 開口率が大きく、光クロストークが抑制され、組み立て時の位置合わせが容易な放射線検出器を提供する。

【解決手段】 シンチレータパネル1は、2次元状に配列された複数のシンチレータ11と、X線遮蔽部材からなるシンチレータ固定用部材12とが一体に固定されることによって構成されており、シンチレータ固定用部材12がシンチレータパネル1の光出射面に対して凹設されて凹状部Aが形成されている。また、フォトダイオードアレイ2は裏面入射型の構成を有し、その光入射面には凹状部Aに嵌合する凸状部Bが形成されている。そして、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2とは、凹状部Aと凸状部Bが嵌合するように光学接着剤によって接合されている。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 2 次元状に配列された複数のシンチレータ、及び前記複数のシンチレータ間にあってこれらを一体に固定するシンチレータ固定用部材からなるシンチレータパネルと、

第 1 導電型の半導体基板内部の表面側に、前記複数のシンチレータに対応して形成され、それぞれフォトダイオードとして機能する複数の第 2 導電型半導体層を有し、前記半導体基板の裏面が前記シンチレータパネルと接合される光入射面となっている裏面入射型のフォトダイオードアレイとを備え、

前記シンチレータパネルは、前記フォトダイオードアレイの前記光入射面と接合される光出射面側に、前記シンチレータ固定用部材が前記光出射面に対して凹設された凹状部を有することを特徴とする放射線検出器。

**【請求項 2】** 前記フォトダイオードアレイは、前記半導体基板内部の前記表面側の前記複数の第 2 導電型半導体層のそれぞれの間に、前記半導体基板よりも高い不純物濃度で形成された第 1 導電型半導体層を有するとともに、前記半導体基板の前記表面上に、前記第 1 導電型半導体層に電気的に接続された第 1 電極と、前記第 2 導電型半導体層に電気的に接続された第 2 電極とが設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の放射線検出器。

**【請求項 3】** 前記フォトダイオードアレイは、前記光入射面側に、前記シンチレータパネルの前記凹状部に嵌合する凸状部を有するとともに、前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記半導体基板の前記表面のうちで前記凸状部に対向する領域内の面上に設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の放射線検出器。

**【請求項 4】** 前記フォトダイオードアレイは、前記光入射面側に、前記シンチレータパネルの前記凹状部に嵌合する凸状部を有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の放射線検出器。

**【請求項 5】** 前記凸状部は、前記表面側の所定部分の外形寸法が、前記シンチレータパネルの前記凹状部の内形寸法よりも大きくなるように形成されていることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の放射線検出器。

**【請求項 6】** 前記シンチレータ固定用部材は、X 線遮蔽部材からなることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の放射線検出器。

**【請求項 7】** 前記フォトダイオードアレイの前記半導体基板の前記表面に設けられた電極に電気的に接続される配線を有する支持基板をさらに備え、前記半導体基板の前記表面と、前記支持基板とは、接着剤によって一体に固定されていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の放射線検出器。

**【請求項 8】** 前記フォトダイオードアレイでの前記第 2 導電型半導体層のそれぞれの面積は、前記シンチレータパネルでの対応する前記シンチレータの面積よりも大きいことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記

載の放射線検出器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、シンチレータと半導体受光素子とを組み合わせた放射線検出器に関するものである。

**【0002】**

**【従来の技術】** X 線などの放射線を検出するための放射線検出器の 1 つとして、シンチレータとフォトダイオードアレイとを組み合わせたものがある。このような放射線検出器は、例えば医療機関で使用される X 線断層撮影装置（X 線 CT 装置）における X 線検出器として用いられている。

**【0003】** 近年の X 線 CT 装置の開発においては、スライス方向に複数列の X 線検出器を 2 次元配列し、1 回の X 線照射によって複数の CT 画像を得る、マルチスライス化が検討されている。X 線 CT におけるこのようなマルチスライス化に伴い、X 線 CT 装置に用いられる X 線検出器では、2 次元配列されるフォトダイオードの微細化、高集積化が要求されている。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】** フォトダイオードアレイにおいては、通常、光入射面となる表面側にフォトダイオードとして機能する半導体層が 2 次元アレイ状に形成される。また、この表面上には、各フォトダイオードに対応するアノード電極と、それらに接続される配線等が設けられる。このため、このようなフォトダイオードアレイを上述した放射線検出器に適用した場合、シンチレータからフォトダイオードへと入射する光に対する開口率が小さくなり、放射線の検出感度が低下するという問題がある。

**【0005】** また、このような放射線検出器ではシンチレータとフォトダイオードとの近接配置が電極及び配線厚によって妨げられ、あるシンチレータが発した光が、他のシンチレータの光を検出するためのフォトダイオードへ入射する、いわゆる光クロストークが生じ易くなる。そして、光クロストークが生じることにより、空間分解能（解像度）を向上させることが困難となる。また、シンチレータ接合時において、フォトダイオードの光入射面に存在する電極やボンディングワイヤの損傷を防ぐ必要があるため、組み立て効率が悪化する。

**【0006】** 例えば特開平 5-150049 号公報に開示された放射線検出器は、フォトダイオードアレイの光入射面に凹部が多数形成されており、凹部の底部にシンチレータが接合される。また、アノード電極及び配線がフォトダイオードアレイの光入射面の、シンチレータが接合されていない部分に設けられている。

**【0007】** この放射線検出器では、フォトダイオードアレイの光入射面にアノード電極及び配線が設けられているため、開口率の低下という問題は解決されない。ま

た、個々のシンチレータが、それぞれ独立してフォトダイオードアレイの凹部に接合されているため、放射線検出器全体の機械的強度が弱く、また、組み立てが複雑になり、歩留まりの低下を招く。

【0008】一方、特開平7-333348号公報に開示された放射線検出器は、アノード電極及び配線が設置される表面に対向する裏面が光入射面となる、裏面入射型のフォトダイオードアレイが用いられている。これにより、複数のシンチレータを2次元方向に高密度で配列し、また、シンチレータからフォトダイオードへの開口率を大きくしている。

【0009】しかし、この放射線検出器では、2次元配列されるシンチレータ同士を直接に隣接させて配置しているため、光クロストークが生じ易い。また、組み立て時においてシンチレータを配置する位置を容易に特定できないので、シンチレータのフォトダイオードに対する組み立て及び位置合わせが困難である。

【0010】本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであり、開口率が大きく、光クロストークが抑制され、かつ、組み立てが容易な放射線検出器を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明による放射線検出器は、2次元状に配列された複数のシンチレータ、及び複数のシンチレータ間にあってこれらを一体に固定するシンチレータ固定用部材からなるシンチレータパネルと、第1導電型の半導体基板内部の表面側に複数のシンチレータに対応して形成され、それぞれフォトダイオードとして機能する複数の第2導電型半導体層を有し、半導体基板の裏面がシンチレータパネルと接合される光入射面となっている裏面入射型のフォトダイオードアレイとを備え、シンチレータパネルは、フォトダイオードアレイの光入射面と接合される光出射面側に、前記シンチレータ固定用部材が前記光出射面に対して凹設された凹状部を有することを特徴とする。

【0012】上記した放射線検出器においては、裏面入射型のフォトダイオードアレイを用いることにより、開口率を大きくすることができるとともに、放射線検出器の組み立て効率が向上する。また、シンチレータ間にシンチレータ固定用部材を設けて、シンチレータ同士を直接に隣接させないように配置することにより、光クロストークの発生を抑制している。また、シンチレータ固定用部材と複数のシンチレータとを一体に固定することにより、放射線検出器全体の機械的強度が向上するとともに、シンチレータパネルとフォトダイオードアレイとを接合させる放射線検出器の組み立て、及び組み立て時の位置合わせが容易になる。また、シンチレータ固定用部材の一部または全部を光出射面に対して凹設して凹状部を設けることにより、シンチレータパネルとフォトダイ

オードアレイとを良好に接合できる。さらに、これらの接合時において凹状部を位置合わせに利用することによって、組み立てがさらに容易になる。

【0013】また、放射線検出器は、フォトダイオードアレイが、半導体基板内部の表面側の複数の第2導電型半導体層のそれぞれの間に、半導体基板よりも高い不純物濃度で形成された第1導電型半導体層を有するとともに、半導体基板の表面上に、第1導電型半導体層に電気的に接続された第1電極と、第2導電型半導体層に電気的に接続された第2電極とが設けられていることを特徴とする。このように第1導電型半導体層を表面側に形成するとともに、第1電極及び第2電極をとともに表面に配置することによって、光入射面にはシンチレータのみを配置することができる。その結果、光入射面での開口率を大きくできる。

【0014】また、フォトダイオードアレイが、光入射面側に、シンチレータパネルの凹状部に嵌合する凸状部を有することを特徴とする。光入射面にこのような凸状部を有するフォトダイオードアレイと、光出射面に前述した凹状部を有するシンチレータパネルとを組み合わせることによって、これらの接合時の位置合わせがさらに容易になり、組み立ての作業性が向上する。加えて、接合後の位置ずれも防止することができ、振動及び衝撃に対する耐久性を高めることができる。

【0015】また、フォトダイオードアレイが上記のような凸状部を有する場合において、上記した第1電極及び第2電極は、半導体基板の表面のうちで凸状部に対向する領域内の面上に設けられていることが好ましい。第1電極及び第2電極をこのように配置することにより、各電極と支持基板上の配線とをバンプ接続等で接合するときの衝撃が、フォトダイオードが形成されている基板薄板部へ伝わるのを防ぎ、破損を防止することができる。

【0016】また、凸状部が、表面側の所定部分の外形寸法がシンチレータパネルの凹状部の内形寸法よりも大きくなるように形成されていることを特徴としてもよい。このような形状を有するフォトダイオードアレイによって、シンチレータパネルとフォトダイオードアレイとを接合する際に、シンチレータはフォトダイオードが形成されている基板薄板部に接触することなく、組み立て時におけるフォトダイオードの損傷を防止できる。

【0017】また、シンチレータ固定用部材は、X線遮蔽部材からなることを特徴とする。放射線検出器をX線検出器として用いた場合、このような部材で形成されたシンチレータ固定用部材を用いることによって、シンチレータの間から入射するX線が半導体基板内部にキャリアを発生させることによる、光クロストークを防止することができる。

【0018】また、フォトダイオードアレイの半導体基板の表面に設けられた電極に電気的に接続される配線を

有する支持基板をさらに備え、半導体基板の表面と、支持基板とは、接着剤によって一体に固定されていることを特徴としてもよい。フォトダイオードアレイと支持基板とが一体に固定されることによって、フォトダイオードが形成されている基板薄板部の強度を高めることができる。

【0019】また、フォトダイオードアレイでの第2導電型半導体層のそれぞれの面積は、シンチレータパネルでの対応するシンチレータの面積よりも大きいことを特徴としてもよい。このような第2導電型半導体層を形成することによって、シンチレータから入射された光によって半導体基板内に発生するキャリアを、第2導電型半導体層において効率よく集めることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、図面とともに本発明による放射線検出器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0021】図1は、本発明による放射線検出器の第1実施形態の構成を示す側面断面図である。

【0022】本放射線検出器は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面から出射するシンチレータパネル1と、シンチレータパネル1から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換するフォトダイオードアレイ2と、支持基板3とを備えている。なお、図1においては、シンチレータパネル1の下面が光出射面、フォトダイオードアレイ2の上面が光入射面となっている。

【0023】図2は、図1に示した放射線検出器をシンチレータパネル1側から見た上面図である。シンチレータパネル1は、複数のシンチレータ11とシンチレータ固定用部材12とによって構成されている。複数のシンチレータ11は、それぞれ検出対象の放射線の入射に対してシンチレーション光を発生する物質からなり、図2に示すように2次元アレイ状に配列されている。シンチレータ11の光出射面以外の面上には、シンチレータ11内で発生したシンチレーション光を反射する酸化チタンなどからなる光反射膜14が形成されている。

【0024】これらのシンチレータ11に対し、シンチレータ固定用部材12は複数のシンチレータ11の間に設けられている。そして、これらが一体に固定されることによってシンチレータパネル1が構成されている。また、シンチレータパネル1の光出射面側には、シンチレータ固定用部材12が光出射面に対して凹設された凹状部Aが形成されている。

【0025】フォトダイオードアレイ2は、受光部となる光感応領域が形成される表面に対し、反対側の裏面を光入射面とする裏面入射型の構成を有している。フォトダイオードアレイ2は、導電型がn型（第1導電型）で

あり、フォトダイオードアレイ2の基体となるn型半導体基板21と、シンチレータ11と一対一に対応するようにn型半導体基板21内部の表面側に形成されたp<sup>+</sup>型（第2導電型）拡散層である複数のp型半導体層（第2導電型半導体層）22と、複数のp型半導体層22の間にそれぞれ形成されたn型半導体基板21より高濃度のn<sup>+</sup>型拡散層であるn型半導体層（第1導電型半導体層）23とを備える。

【0026】本構成では、p型半導体層22と、p型半導体層22の裏面側に位置するn型半導体基板21のn型半導体層部分とがpn接合することによって、フォトダイオード24が構成されている。裏面入射型のフォトダイオード24では、光入射面から入射されたシンチレータ11からのシンチレーション光を効率よく検出するため、フォトダイオード24が形成されている部分はn型半導体基板21の基板薄板部となっている。また、p型半導体層22の面積は、対応するシンチレータ11の面積よりも大きく設定されている。

【0027】半導体基板21の光入射面側には、格子状パターンの凸状部Bが形成されている。この凸状部Bは、薄板化された半導体基板21の機械的強度を保持する機能を有する。また、この凸状部Bの格子状パターンは、シンチレータパネル1でのシンチレータ固定用部材12による凹状部Aのパターンに対応しており、これによって、凹状部Aと凸状部Bとが嵌合するようになっている。

【0028】また、n型半導体基板21の光入射面側には、n型半導体基板21より高濃度のn型半導体層であるアキュムレーション層27が、全体に略一定の厚さで設けられている。また、フォトダイオードアレイ2の表面と光入射面とは、それぞれ異物の侵入を防止する保護膜28で被覆されている。

【0029】さらに、フォトダイオードアレイ2は、n型半導体基板21の表面上にアノード電極（第2電極）25及びカソード電極（第1電極）26を備えている。アノード電極25はp型半導体層22に、カソード電極26はn型半導体層23にそれぞれ電気的に接続されている。これらのアノード電極25及びカソード電極26は、n型半導体基板21の表面上において、凸状部Bに対向する基板が厚い領域内に配置されている。フォトダイオードアレイ2の動作時には、アノード電極25とカソード電極26との間には、フォトダイオード24への印加電圧が逆バイアスとなるような電圧が与えられる。また、フォトダイオード24への印加電圧は、零バイアスであっても良い。

【0030】支持基板3は、フォトダイオードアレイ2に対して表面側（図1中の下側）に位置している。支持基板3の上面上には、フォトダイオードアレイ2からの光検出信号の検出器外部への出力などに用いられる配線31が設けられている。アノード電極25及びカソード

電極 26 と、これらに対応する配線 31 とは、バンプ電極 32 を介してバンプ接続されている。また、支持基板 3 は、樹脂材料等（アンダーフィル樹脂など）の接着剤からなる接着剤層 33 を介して、フォトダイオードアレイ 2 と一体に固定されている。

【0031】上記のシンチレータパネル 1 の光出射面とフォトダイオードアレイ 2 の光入射面とは、凹状部 A と凸状部 B とが嵌合するように接合されている。接合にはシンチレーション光を透過する性質を有する光学接着剤としてシリコン樹脂などの接着樹脂が用いられ、シンチレータ 11 と n 型半導体基板 21 の基板薄板部との間に光学接着剤の層、及び凹状部 A と凸状部 B との間に光学接着剤層 13 が形成されている。

【0032】以上の構成において、検出対象である放射線がシンチレータパネル 1 のシンチレータ 11 に入射すると、シンチレータ 11 内においてシンチレーション光が発生する。発生したシンチレーション光は直接に、または光出射面以外の面上に形成された光反射膜 14 によって反射されて、光出射面からフォトダイオードアレイ 2 へと出射される。そして、シンチレータ 11 の光出射面から出射された光は対応するフォトダイオード 24 へ入射する。このとき、保護膜 28 はフォトダイオード 24 の光入射面で光が反射することを防止する反射防止膜としての機能も果たす。

【0033】フォトダイオード 24 へ入射したシンチレーション光によって、n 型半導体基板 21 内部にキャリアが発生する。発生したキャリアは、p 型半導体層 22 へ移動する。ここで、アキュムレーション層 27 は、シンチレーション光の入射によって n 型半導体基板 21 内部の光入射面側付近で発生したキャリアを再結合させることなく、効率よく p 型半導体層 22 へ移動させるように機能する。そして、光検出信号がアノード電極 25 及びカソード電極 26 から取り出される。

【0034】本実施形態による放射線検出器の効果について説明する。図 1 及び図 2 に示した放射線検出器では、2 次元状のフォトダイオードアレイとして、裏面入射型のフォトダイオードアレイ 2 を用いている。これにより、シンチレーション光を出射するシンチレータ 11 は、アノード電極及び配線、ボンディングワイヤなどが設けられる表面ではなく、光入射面である裏面に接合することができ、シンチレータ 11 からフォトダイオード 24 へと入射する光に対する開口率を大きくすることができる。また、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 とを接合する際に、配線やボンディングワイヤ等が損傷しないよう配慮する必要がなくなり、放射線検出器の組み立て効率を向上させることができる。

【0035】また、シンチレータ 11 の間にシンチレータ固定用部材 12 を設けることによって、シンチレータ 11 同士は直接に隣接しないように配置される。これによって、あるシンチレータにおいて発生したシンチレー

ション光が、他のシンチレータに対応するフォトダイオード 24 に入射する、いわゆる光クロストークの発生を抑制することができる。

【0036】また、シンチレータ 11 とシンチレータ固定用部材 12 とが一体に固定されていることによって、シンチレータパネル 1 の機械的強度を向上させることができる。同時に、複数のシンチレータ 11 を個々に接合する場合に比べて接合回数が減るので、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 とを接合させる放射線検出器の組み立て、及び組み立て時の位置合わせが容易になる。さらに、シンチレータパネル 1 の凹状部 A を位置合わせの基準として利用すれば、位置合わせをさらに容易にすることができる。また、シンチレータ 11 とシンチレータ固定用部材 12 とが一体に固定されていることによって、一対一で対応しているシンチレータ 11 とフォトダイオード 24 とが外部からの偶発的な力により位置ずれを生じることを防止できる。

【0037】また、シンチレータパネル 1 に設けられた凹状部 A は、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 との接合時において、接着剤溜まりとして機能する。これにより、シンチレータパネル 1 の凹状部 A と凸状部 B との間に光学接着剤層 13 ができ、この光学接着剤層 13 によって、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 との接合強度が保たれるので、これらを良好に接合することができる。さらに、光学接着剤層 13 が接合強度を保つことによって、シンチレータ 11 とフォトダイオード 24 との間の光学接着剤の層が不要に厚くなることが防止される。これによって、シンチレータ 11 とフォトダイオード 24 との近接配置が可能になり、フォトダイオード 24 へのシンチレーション光の入射効率を高めることができるとともに、光クロストークの発生をさらに抑制することができる。

【0038】また、本実施形態においては、フォトダイオードアレイ 2 の光入射面側に、シンチレータパネル 1 の凹状部 A と嵌合する凸状部 B が設けられている。これによって、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 との接合時の位置合わせにおいては、凹状部 A と凸状部 B とを嵌合させればよいので非常に容易になり、放射線検出器を組み立てる作業性が向上する。それとともに、組み立て後におけるシンチレータ 11 とそれに対応するフォトダイオード 24 との接合面方向の位置ずれを防止することができる。これによって、放射線検出器に加わる振動、及び外部からの衝撃に対する耐久性を高めることができる。また、凸状部 B が、フォトダイオード 24 が形成されている基板薄板部の間に格子状に形成されることによって、フォトダイオードアレイ 2 全体の強度を高めることができる。

【0039】また、カソード領域である n 型半導体層 23 を n 型半導体基板 21 の表面側に形成し、カソード電極 26 を、アノード電極 25 とともにフォトダイオード

10

20

30

40

50

アレイ 2 の表面上に配置している。カソード電極 26 がフォトダイオードアレイ 2 の表面上に配置されることによって、光入射面上には電極が存在しないこととなり、光入射面でのシンチレータ 11 に対する開口率をさらに大きくすることができる。さらに、配線 31 が設けられている支持基板 3 と向かい合っている表面側に全ての電極等が配置されることによって、光入射面側にボンディングワイヤ等を設ける必要がなく、放射線検出器の組み立てを効率良く行うことができる。

【0040】また、アノード電極 25 及びカソード電極 26 は、図 1 に示したように、フォトダイオードアレイ 2 の表面上の、フォトダイオードアレイ 2 の凸状部 B に対向する領域内に設けられていることが好ましい。これによって、これらの電極がバンプ電極 32 を介して配線 31 と接続される際に、その衝撃を基板厚板部である凸状部 B で吸収し、フォトダイオード 24 が設けられている基板薄板部への衝撃を最小限に抑止することができる。これによって、放射線検出器を組み立てる際のフォトダイオードアレイ 2 の破損を防止することができる。ただし、基板薄板部の強度が十分な場合には、薄板部の領域内に電極を設けても良い。

【0041】なお、カソード電極については、フォトダイオードアレイ 2 の光入射面上に透明な電極膜などとして形成することもできる（例えば、特開平 7-333348 号公報参照）。この場合、透明な電極膜への電気的接続手段としては、光入射面から表面へのスルーホールを形成して導電性材料を埋め込む方法や、光入射面から表面への、 $n$  型半導体層 21 より高濃度の  $n^+$  型半導体の層を形成する方法、あるいは放射線検出器の側面から電気的接続を行う方法などがある。ただし、開口率が一定以上に制限されるなど、スルーホールなどの電気的接続手段を設けることが困難であるときには、上記のように  $n$  型半導体層 23 及びカソード電極 26 をフォトダイオードアレイ 2 の表面側に設けることが好ましい。

【0042】また、 $p$  型半導体層 22 の面積はシンチレータ 11 の面積よりも大きく設定されることが好ましい。このように設定することで、シンチレータ 11 から入射した光によって発生したキャリアが多少拡散しても、そのほとんどが  $p$  型半導体層 22 へ到達することができる。これによって、 $n$  型半導体基板 21 内部において発生したキャリアが  $p$  型半導体層 22 へ到達する効率を向上させることができる。

【0043】また、フォトダイオードアレイ 2 と支持基板 3 とは、図 1 に示したように接着剤層 33 を介して一体に固定されている。基板薄板部を有する裏面入射型のフォトダイオードアレイ 2 においては、半導体基板 21 の強度が十分に得られない場合がある。これに対して、配線 31 を有する配線基板を支持基板として機能させ、フォトダイオードアレイ 2 と支持基板 3 とを一体に固定することによって、支持基板 3 がフォトダイオード 24

が形成されている基板薄板部を含むフォトダイオードアレイ 2 の  $n$  型半導体基板 21 の強度を高めることができる。

【0044】上述した放射線検出器は、例えば、X 線 CT 装置における X 線検出器などに用いることが可能である。このように X 線検出器として用いる場合、シンチレータ固定用部材 12 としては、銅や鉛などの X 線を遮蔽する材料からなる X 線遮蔽部材を用いることが好ましい。すなわち、シンチレータ 11 に入射されなかった X 線がシンチレータ 11 の間からフォトダイオードアレイ 2 へ直接入射した場合、この X 線が  $n$  型半導体基板 21 内部においてキャリアを発生させ、このキャリアがフォトダイオード 24 間での光クロストークの原因となる。そこで、シンチレータ固定用部材 12 として X 線遮蔽部材を用いることにより、X 線が直接フォトダイオードアレイ 2 へ入射することを防ぎ、光クロストークの発生を抑制することができる。

【0045】以上に詳説した図 1 に示す放射線検出器の具体的な構成の一例としては、以下に示すような構成の X 線検出器が挙げられる。すなわち、シンチレータパネル 1 の上面側から見た形状を一边 12 mm の正方形とし、その中に 8 個  $\times$  8 個の配列（ピッチ 1.5 mm）で一边 1 mm、厚さ 2 mm のシンチレータ 11 を配置する。シンチレータ 11 の光出射面以外の面上には、厚さ 50  $\mu$ m の光反射膜 14 を形成する。また、シンチレータ 11 の間には厚さ 1 mm のシンチレータ固定用部材 12 を設ける。

【0046】一方、フォトダイオードアレイ 2 については、基板厚板部の厚さが 270  $\mu$ m でキャリア濃度  $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  の  $n$  型半導体基板 21 を用い、基板薄板部の厚さを 10 ~ 100  $\mu$ m、例えば 20  $\mu$ m まで薄板化する。また、 $n$  型半導体基板 21 の表面側に、キャリア濃度  $1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の  $p$  型半導体層 22 を厚さ 0.5  $\mu$ m で形成する。また、 $p$  型半導体層 22 の間にはキャリア濃度  $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の  $n$  型半導体層 23 を厚さ 1.5  $\mu$ m で形成し、 $n$  型半導体基板 21 の光入射面側にはキャリア濃度  $5.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  のアキュムレーション層 27 を厚さ 0.2  $\mu$ m で形成する。

【0047】基板薄板部による半導体基板 21 の凹部は、例えば 1 mm 角程度の矩形状とし、あるいは円形等の他の形状とすることもできる。また、シンチレータパネル 1 とフォトダイオードアレイ 2 との間の光学接着剤の層の厚さについては、例えば、シンチレータ 11 と半導体基板 21 の基板薄板部との間では数  $\mu$ m 程度、凹状部 A と凸状部 B との間では数 100  $\mu$ m 程度とする。

【0048】このような構成の放射線検出器によれば、本発明による放射線検出器を好適に実施することができる。また、本構成例以外にも、個々の放射線検出器の用途や要求される性能等に応じて、様々な構成が可能である。



【0049】図3は、図1に示した放射線検出器において用いられるシンチレータパネル1の製造方法の一例を示す工程図である。

【0050】まず、X線などの放射線が照射されるとシンチレーション光を発生するCWOもしくはCsIなどからなるシンチレータ11を用意する(図3(a))。次に、その一方の面(図3中の下面)にシンチレータ固定用部材12を埋め込むための凹部を格子状に形成した後、光反射膜14を他方の面(図3中の上面)を除く全面に酸化チタン等を蒸着することにより形成する(図3(b))。続いて、シンチレータ11に形成された格子状の凹部に、X線を遮蔽する性質を有する銅もしくは鉛を埋め込むことにより、シンチレータ固定用部材12を形成する(図3(c))。そして、上下の面を研磨することにより、シンチレータ11を複数に分割するとともに、光反射膜14のうち下面に形成されていた部分のみを取り除いて光出射面を形成する(図3(d))。最後に、光反射膜14をシンチレータ11の上面に上記と同様の方法で形成する(図3(e))。

【0051】上記の製造方法によって、第1実施形態のシンチレータパネル1を製造することができる。

【0052】図4は、本発明による放射線検出器の第2実施形態の構成を示す図である。図4(a)は、放射線検出器をシンチレータパネル1側から見た上面図である。また、図4(b)は、図4(a)に示す放射線検出器のI-I矢印断面図である。

【0053】図4に示す放射線検出器は、シンチレータパネル1と、フォトダイオードアレイ2と、支持基板3とを備えている。このうち、シンチレータパネル1、及び支持基板3の構成については、図1に示した放射線検出器と同様である。

【0054】フォトダイオードアレイ2は、裏面入射型の構成を有している。フォトダイオードアレイ2は、n型半導体基板21と、複数のp型半導体層22と、n型半導体基板21より高濃度のn型半導体層23と、アキュムレーション層27とを備えている。そして、p型半導体層22と、p型半導体層22の裏面側に位置するn型半導体基板21のn型半導体層部分とによってフォトダイオード24が構成されている。また、p型半導体層22及びn型半導体層23にそれぞれ接続されたアノード電極25及びカソード電極26が、n型半導体基板21の表面上に配置されている。

【0055】n型半導体基板21の光入射面側には、凸状部Bが形成されている。この凸状部Bは、薄板化された半導体基板21の機械的強度を保持する機能を有する。凸状部Bは、シンチレータパネル1の凹状部Aの一部、具体的には、シンチレータ固定用部材12を光出射面に対して凹設した凹状部Aのうち、図4(a)の点線で囲まれた部分に対応する十字状パターンによって形成されており、この部分の凹状部Aと凸状部Bとが嵌合す

るようになっている。

【0056】上記のシンチレータパネル1の光出射面とフォトダイオードアレイ2の光入射面とは、凹状部Aと凸状部Bとが嵌合するように接合されている。接合には光学接着剤が用いられ、シンチレータ11とn型半導体基板21の基板薄板部との間に光学接着剤の層が形成される。また、凸状部Bまたは凸状部Bが設けられていない半導体基板21の所定部分と、凹状部Aとの間に光学接着剤層13が形成されている。

10 【0057】本実施形態の放射線検出器の効果について説明する。図4に示した放射線検出器では、裏面入射型のフォトダイオードアレイ2を用いることにより、光入射面でのシンチレータ11からフォトダイオード24へと入射する光に対する開口率を大きくすることができる。とともに、放射線検出器の組み立て効率を向上させることができる。また、シンチレータ11の間にシンチレータ固定用部材12を設けることによって、シンチレータ11同士は直接に隣接しないように配置され、光クロストークの発生を抑制することができる。

20 【0058】また、シンチレータ11とシンチレータ固定用部材12とが一体に固定されていることによって、シンチレータパネル1の機械的強度を向上させることができる。同時に、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2とを接合させる放射線検出器の組み立て、及び組み立て時の位置合わせが容易になる。さらに、シンチレータパネル1の凹状部Aを位置合わせの基準として利用すれば、位置合わせをさらに容易にすることができる。また、一対一に対応しているシンチレータ11とフォトダイオード24とが外部からの偶発的な力により位置ずれを生じることを防止できる。

30 【0059】また、シンチレータパネル1に設けられた凹状部Aは、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2との接合時において、接着剤溜まりとして機能する。これにより、フォトダイオードアレイ2の凸状部B及び凸状部Bが設けられていない半導体基板21の所定部分と、凹状部Aとの間に光学接着剤層13ができ、この光学接着剤層13によって、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2との接合強度が保たれるので、これらを良好に接合することができる。さらに、光学接着剤層13が接合強度を保つことによって、シンチレータ11とフォトダイオード24との間の光学接着剤の層が不要に厚くなることが防止される。これによって、シンチレータ11とフォトダイオード24との近接配置が可能になり、フォトダイオード24へのシンチレーション光の入射効率を高めることができるとともに、光クロストークの発生をさらに抑制することができる。

40 【0060】また、本実施形態においては、フォトダイオードアレイ2の光入射面側に、シンチレータパネル1の凹状部Aの一部と嵌合する十字状パターンの凸状部Bが設けられている。これによって、シンチレータパネル

1とフォトダイオードアレイ2との接合時の位置合わせにおいては、凹状部Aの対応部分と凸状部Bとを嵌合させればよいので非常に容易になり、放射線検出器を組み立てる作業性が向上する。それとともに、組み立て後におけるシンチレータ11とそれに対応するフォトダイオード24との接合面方向の位置ずれを防止することができる。これによって、放射線検出器に加わる振動、及び外部からの衝撃に対する耐久性を高めることができる。また、この凸状部Bによって、フォトダイオードアレイ2全体の強度を高めることができる。

【0061】なお、本実施形態においては、フォトダイオードアレイ2の凸状部Bが凹状部Aの全体に対応して形成されている第1実施形態とは異なり、凹状部Aの一部に対応する十字状パターンによって凸状部Bが形成されている。このようなパターンの凸状部Bによっても、第1実施形態での格子状パターンの場合と同様に、凸状部Bによる各効果が得られる。

【0062】図5は、本発明による放射線検出器の第3実施形態の構成を示す図である。図5(a)は、放射線検出器をシンチレータパネル1側から見た上面図である。また、図5(b)は、図5(a)に示す放射線検出器のII-II矢印断面図である。

【0063】図5に示す放射線検出器は、シンチレータパネル1と、フォトダイオードアレイ2と、支持基板3とを備えている。このうち、フォトダイオードアレイ2の構成については、図4に示した放射線検出器と同様である。また、支持基板3の構成については、図1に示した放射線検出器と同様である。

【0064】シンチレータパネル1は、図5(a)に示すように、2次元アレイ状に配列されている複数のシンチレータ11と、シンチレータ11の間に設けられているシンチレータ固定用部材12とが一体に固定されることによって構成されている。シンチレータ11の光出射面以外の面上には光反射膜14が形成されている。

【0065】また、シンチレータパネル1の光出射面側には、図5(a)の点線で囲まれた部分において、シンチレータ固定用部材12が光出射面に対して凹設された、十字状パターンの凹状部Aが形成されている。そして、凹状部Aが形成されている上記部分以外のシンチレータ固定用部材12は、シンチレータ11と略等しい厚さで形成されている。

【0066】上記のシンチレータパネル1の光出射面とフォトダイオードアレイ2の光入射面とは、互いに対応する十字状パターンで形成されている凹状部Aと凸状部Bとが嵌合するように接合されている。接合には光学接着剤が用いられ、凹状部Aと凸状部Bとの間に光学接着剤層13が形成される。そして、シンチレータ11の凹状部Aが形成されていない部分とn型半導体基板21との間に光学接着剤の層が形成される。

【0067】本実施形態の放射線検出器の効果について

10

説明する。図5に示した放射線検出器では、裏面入射型のフォトダイオードアレイ2を用いることにより、光入射面でのシンチレータ11からフォトダイオード24へと入射する光に対する開口率を大きくすることができる。また、放射線検出器の組み立て効率を向上させることができる。また、シンチレータ11の間にシンチレータ固定用部材12を設けることによって、シンチレータ11同士は直接に隣接しないように配置され、光クロストークの発生を抑制することができる。

10

【0068】また、シンチレータ11とシンチレータ固定用部材12とが一体に固定されていることによって、シンチレータパネル1の機械的強度を向上させることができる。同時に、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2とを接合させる放射線検出器の組み立て、及び組み立て時の位置合わせが容易になる。さらに、シンチレータパネル1の凹状部Aを位置合わせの基準として利用すれば、位置合わせをさらに容易にすることができる。また、一対一で対応しているシンチレータ11とフォトダイオード24とが外部からの偶発的な力により位置ずれを生じることを防止できる。

20

【0069】また、シンチレータパネル1に設けられた凹状部Aは、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2との接合時において、接着剤溜まりとして機能する。これにより、フォトダイオード2の凸状部Bと、対応している凹状部Aとの間に光学接着剤層13ができ、この光学接着剤層13によって、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2との接合強度が保たれるので、これらを良好に接合することができる。さらに、光学接着剤層13が接合強度を保つことによって、シンチレータ11とフォトダイオード24との間の光学接着剤の層が不要に厚くなることが防止される。これによって、シンチレータ11とフォトダイオード24との近接配置が可能になり、フォトダイオード24へのシンチレーション光の入射効率を高めることができるとともに、光クロストークの発生をさらに抑制することができる。

30

【0070】また、本実施形態においては、フォトダイオードアレイ2の光入射面側に、シンチレータパネル1の凹状部Aと嵌合する十字状パターンの凸状部Bが設けられている。これによって、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2との接合時の位置合わせにおいては、凹状部Aと凸状部Bとを嵌合させればよいので非常に容易になり、放射線検出器を組み立てる作業性が向上する。それとともに、組み立て後におけるシンチレータ11とそれに対応するフォトダイオード24との接合面方向の位置ずれを防止することができる。これによって、放射線検出器に加わる振動、及び外部からの衝撃に対する耐久性を高めることができる。また、この凸状部Bによって、フォトダイオードアレイ2全体の強度を高めることができる。

40

50

【0071】なお、本実施形態においては、シンチレータパネル1の凹状部Aがシンチレータ固定用部材12の全体に形成されている第1実施形態とは異なり、シンチレータ固定用部材12の一部に対応する十字状パターンによって凹状部Aが形成されている。このようなパターンの凹状部Aによっても、第1実施形態での格子状パターンの場合と同様に、凹状部Aによる各効果が得られる。

【0072】本発明による放射線検出器は、上記した実施形態に限られるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、上述した各実施形態においては、いずれもフォトダイオードアレイ2に凸状部Bが形成されているが、組み立ての作業性やフォトダイオードアレイ2の強度などからみて凸状部が不要な場合には、このような凸状部Bを設けない構成としてもよい。また、各実施形態においてフォトダイオードアレイ2の凸状部Bは図では順メサ状に形成されているが、尖塔状、又は矩形状に形成しても同様の効果が得られる。

【0073】また、凸状部Bの表面側の所定部分の外形寸法が、シンチレータパネル1の凹状部Aの内形寸法よりも大きくなるように、フォトダイオードアレイ2の凸状部Bを形成しても良い。図6は放射線検出器のそのような変形例の構成を示す側面断面図である。

【0074】本構成例は、図1及び図2に示した放射線検出器と同様の構成を有しているが、フォトダイオードアレイ2の光入射面側に設けられた凸状部Bの構成が異なっている。すなわち、本実施例においては、凸状部Bの表面側（図6中の下側）の部分に対して、外形寸法が階段状に小さくなる2段構造が形成されている。そして、このような凸状部Bの2段構造により、シンチレータ11とフォトダイオードアレイ2の基板薄板部とが非接触状態となっている。

【0075】フォトダイオードアレイ2の凸状部Bを図6に示したような形状とすることで、組み立て時におけるフォトダイオード24の損傷を防止することができる。フォトダイオード24は基板薄板部に設けられているので、シンチレータ11との接合による衝撃をできるかぎり小さくすることが好ましい。これに対して、上記構成の凸状部Bによれば、シンチレータパネル1とフォトダイオードアレイ2とを接合する際にシンチレータ11とフォトダイオード24とが接触することがなく、基板薄板部への衝撃を防ぐことができる。これによって、フォトダイオード24の損傷を防止することができる。

【0076】

【発明の効果】本発明による放射線検出器は、以上詳細に説明したように、次のような効果を得る。すなわち、複数のシンチレータ及びシンチレータ固定用部材を一体

に固定するとともに凹状部を設けたシンチレータパネルと、裏面入射型のフォトダイオードアレイとを組み合わせた放射線検出器によれば、裏面入射型のフォトダイオードアレイを用いることにより、開口率を大きくすることができるとともに、放射線検出器の組み立て効率を向上させることができる。また、シンチレータ間にシンチレータ固定用部材を設けることにより、光クロストークの発生を抑制している。また、複数のシンチレータとシンチレータ固定用部材を一体に固定することにより、放射線検出器全体の機械的強度が向上するとともに、シンチレータパネルとフォトダイオードアレイとを接合させる放射線検出器の組み立て、及び組み立て時の位置合わせが容易になる。また、シンチレータ固定用部材の一部または全部を光出射面に対して凹設して凹状部を設けることにより、シンチレータパネルとフォトダイオードアレイとを良好に接合できる。さらに、これらの接合時において凹状部を位置合わせに利用することによって、組み立てがさらに容易になる。

【0077】以上のような構成を有する放射線検出器を、例えば医療機関で使用されるX線CT装置におけるX線検出器として用いれば、微細化、高集積化が可能になり、近年検討されているX線CT装置のマルチスライス化に寄与することができる。また、それ以外の放射線検出器についても同様に、上記構成を適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】放射線検出器の第1実施形態の構成を示す側面断面図である。

【図2】図1に示した放射線検出器をシンチレータパネル側から見た上面図である。

【図3】図1に示した放射線検出器に用いられるシンチレータパネルの製造方法の一例を示す工程図である。

【図4】放射線検出器の第2実施形態の構成を示す(a)上面図及び(b)側面断面図である。

【図5】放射線検出器の第3実施形態の構成を示す(a)上面図及び(b)側面断面図である。

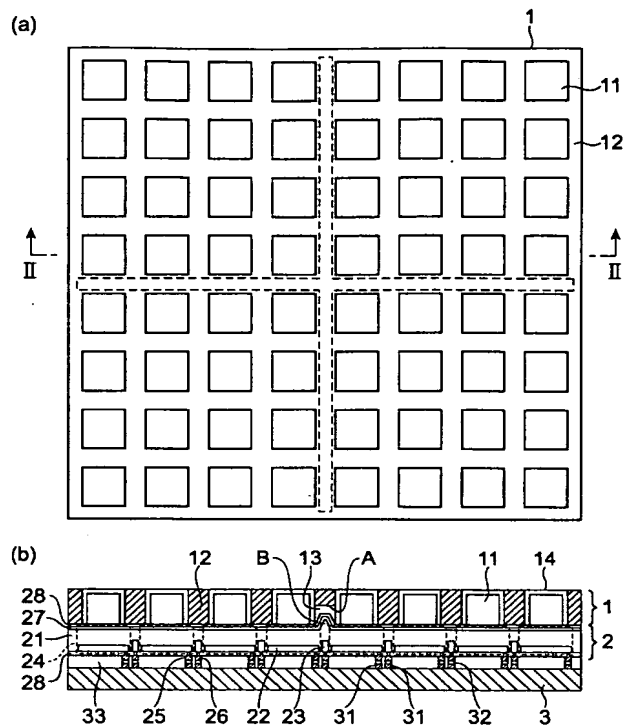
【図6】放射線検出器の変形例の構成を示す側面断面図である。

【符号の説明】

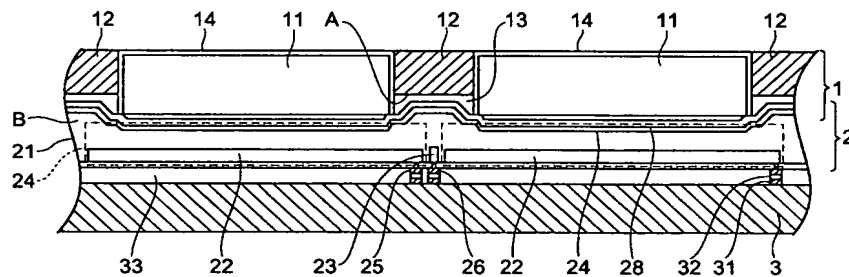
1…シンチレータパネル、11…シンチレータ、12…シンチレータ固定用部材、13…光学接着剤層、14…光反射膜、2…フォトダイオードアレイ、21…n型半導体基板、22…p型半導体層、23…n型半導体層、24…フォトダイオード、25…アノード電極、26…カソード電極、27…アキュムレーション層、28…保護膜、3…支持基板、31…配線、32…パンプ電極、33…接着剤層、A…凹状部、B…凸状部。



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 坂本 明  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

Fターム(参考) 2G088 EE02 FF02 GG13 GG19 JJ05  
JJ09 JJ24 JJ29 JJ37 LL12  
4M118 BA03 CA02 CB11 FA06 HA24  
5C024 AX12 CY47 CY49 GX03 GX09  
5F088 AA02 BA18 BB07 DA01 EA04  
GA07 JA17 LA08